

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 04 454 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 197 04 454.9  
㉒ Anmeldetag: 6. 2. 97  
㉔ Offenlegungstag: 20. 8. 98

㉕ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 L 21/306**  
C 23 F 4/00  
H 01 L 49/00  
H 01 L 21/311  
H 01 L 21/308  
// H 01 L 49/00

DE 197 04 454 A 1

㉗ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉘ Erfinder:  
Becker, Volker, 76359 Marxzell, DE; Laermer, Franz,  
Dr., 70437 Stuttgart, DE; Offenberg, Michael, Dr.,  
72138 Kirchentellinsfurt, DE; Schilp, Andrea, 73525  
Schwäbisch Gmünd, DE

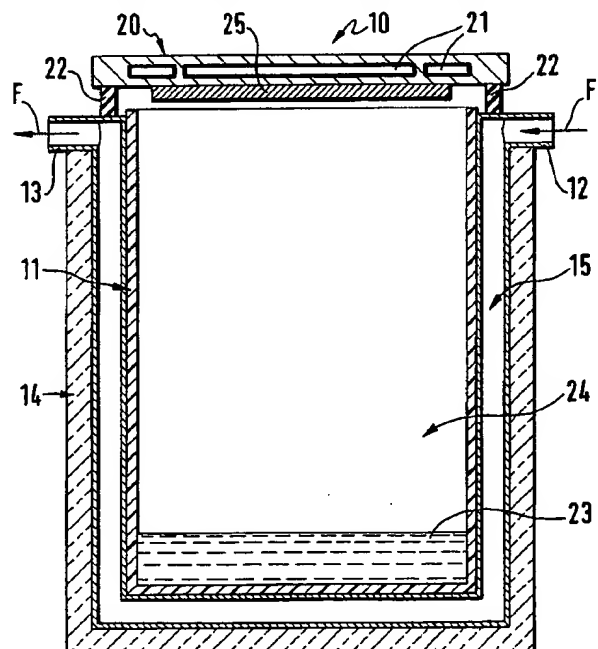
㉙ Entgegenhaltungen:  
OFFENBERG, M. et.al.: Vapor HF Etching for Sacrificial Oxide Removal in Surface Micromachining. In: Proceedings of the 186. Electrochem.Soc. Meeting, Sensor General Session, Miami Beach, Oct. 1994, Abstract No. 671 (S. 1056-7); JP 5-2754a01 A2. In: Patent Abstracts of Japan, E-1497, 26. Jan. 1994, Vol. 18, No. 49; WATATANBE, H. et.al.: Influence of Water Absorption/Desorption Processes on the Selectivity of Vapor HF Etching. In: J.Electrochem.Soc., Vol. 142, No. 4, April 1995, pp. 1332-40;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉚ Verfahren zur Herstellung oberflächenmikromechanischer Strukturen mittels Ätzung in der Dampfphase

㉛ Es wird ein Verfahren zur Opferschichtätzung von oberflächenmikromechanischen Strukturen beschrieben, wobei auf ein beheizbares Siliziumsubstrat eine Opferschicht deponiert und strukturiert wird. Die Einstellung einer Temperaturdifferenz zwischen Substrat und Dampfphase eines Ätzmediums erfolgt derart, daß gleichzeitig offenliegende Metallkontakte aus Aluminiumlegierungen nicht angegriffen werden und auch nachfolgend keiner Korrosionsgefahr ausgesetzt sind.



DE 197 04 454 A 1

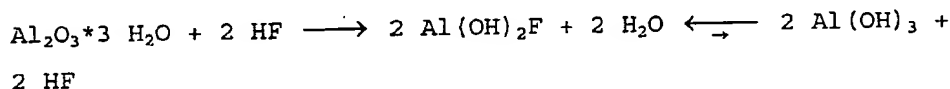
- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellen oberflächenmikromechanischer Strukturen mittels eines dampfförmigen Ätzmediums unter Vermeidung von Aluminium-Kontaktkorrosion gemäß dem Oberbegriff des Hauptanspruches.
- In der Silizium-Oberflächenmikromechanik wird auf einer Substratoberfläche, meistens ein Substrat aus Silizium, üblicherweise ein Schichtaufbau verwendet, der aus einer Opferschicht, meist  $\text{SiO}_2$ , und einer darüber befindlichen Lage von aktivem Silizium, meist Polysilizium oder einkristallinem Silizium (SOI), besteht, in der die später freitragenden
- 10 Strukturen erzeugt werden. Es können noch weitere Lagen, z. B. vergrabene Polysilizium-Leiterbahnen zugegen sein, die jedoch für die rein mechanische Funktion der Bauelemente keine Rolle spielen. Im allgemeinen sind zur elektrischen Kontaktierung der Bauelemente Metallkontaktflächen auf der aktiven Siliziumschicht vorgesehen. Als Kontaktmaterialien haben sich in der Halbleitertechnik, auf deren Repertoire die Oberflächenmikromechanik vorzugsweise zugreift, verschiedene Aluminiumlegierungen (AlSi, AlSiCu, etc.) etabliert, wobei Aluminium in diesen Legierungen den größten
- 15 Anteil hat. Es ist bekannt, daß zur Erzeugung von freitragenden oberflächenmikromechanischen Strukturen diese zunächst in die obere aktive Siliziumschicht eingätzt werden bis zum Erreichen der sich darunter befindlichen sogenannten Opferschicht von zumeist  $\text{SiO}_2$  (M. Bibel, Physikalische Blätter 1996, 52, S. 1010–1012). Zur Freilegung dieser so erzeugten Strukturen wird die Opferschicht beispielsweise durch ein isotropes Naßätzverfahren (WO 92-03740) herausgelöst, wozu man vorteilhaft Fluorwasserstoffsäuredampf über einem azeotropen Fluorwasserstoffsäure-Wasser-Gemisch einsetzen kann (M. Offenberg, B. Elsner und F. Lärmer, Proc. 186. Electrochem. Soc. Meeting, Sensor General Session, Miami Beach, Florida, Oktober 1994). Durch HF-Dampf wird bekanntermaßen  $\text{SiO}_2$  zu flüchtigen Siliziumfluoriden umgewandelt und dadurch unter den Strukturen herausgelöst:



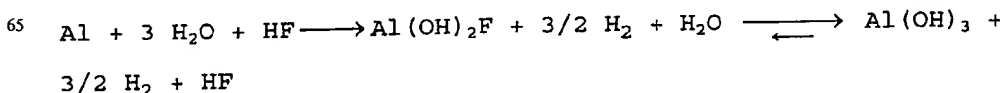
- 25 Damit die Reaktion ablaufen kann ist die Anwesenheit von Wasser erforderlich. Aus der Reaktionsgleichung ist ersichtlich, daß mehr Wasser gebildet als eingesetzt wird. Der wesentliche Vorteil der Verwendung von Fluorwasserstoffsäuredampf gegenüber wäßrigen Fluorwasserstoffsäurelösungen besteht darin, daß bei der Wahl optimaler Meßparameter kein irreversibles Verkleben der freigelegten Siliziumstrukturen aneinander und mit dem Substrat durch die Oberflächenspannung eintrocknender Flüssigkeitströpfchen beim nachfolgenden Trocknen des Substrats auftritt. Ein wesentlicher Nachteil dieses Dampfätzverfahrens ist, daß durch Fluorwasserstoffsäuredampf nicht nur  $\text{SiO}_2$ , sondern auch die aufgetragenen Aluminiumkontakte der elektronischen Bauelemente angegriffen werden. Bei Ätzung in der Dampfphase können die so erzeugten Aluminiumhydroxidfluoride nicht entfernt werden, sondern verbleiben als eine mehr oder weniger dicke, isolierende Schicht auf der Kontaktoberfläche, was eine nachfolgende Drahtbondung der Aluminiumkontakte verunmöglicht. Ein Abwaschen dieser Schicht hätte wiederum ein Verkleben der bereits freigelegten OMM-Strukturen zur Folge und ist daher ebenfalls verunmöglicht. Ein weiteres Problem der so entstandenen Aluminiumhydroxidfluoridschichten besteht darin, daß sie hygroskopisch sind, und daß aufgenommenes Wasser an die Zwischenschicht des metallischen Aluminiums zur hydroxidischen Aluminiumfluoridschicht dringt und so zu einem Fortschreiten der Korrosion sowohl während als auch nach Abschluß der Opferschichtätzung führt.
- 40 Ein Schutz der Aluminiumkontakte während der Opferschichtätzung durch beispielsweise fluorwasserstoffsäureundurchlässige Zusatzschichten, bestehend beispielsweise aus Lacken, ist prinzipiell möglich, stellt jedoch einen technisch sehr schwierigen und aufwendigen weiteren Arbeitsschritt während des Prozesses zur Herstellung der oberflächenmikromechanischen Strukturen dar, da Fluorwasserstoffsäure sehr schnell durch polymere Schutzschichten diffundiert und so die Metalloberfläche erreichen kann. Darüberhinaus müßte der Kontaktschutz nach der Opferschichtätzung, d. h. wenn
- 45 bereits freistehende empfindliche Strukturen auf der Waferoberfläche vorliegen, wieder entfernt werden, was zu weiteren Problemen, insbesondere hinsichtlich Ausbeute und Reproduzierbarkeit führt.

#### Vorteile der Erfindung

- 50 Durch die Einstellung einer Temperaturdifferenz zwischen dem Substrat und der Dampfphase des Ätzmediums über die Partialdruckzusammensetzung des dampfförmigen Ätzmediums ist es möglich, daß in besonders vorteilhafter Art die chemischen Reaktionen während der Ätzung kontrolliert werden können. Eine Temperaturdifferenz zwischen Substrat und Dampfphase erlaubt aufgrund der nachstehenden Reaktion nunmehr eine selektive Ätzung von  $\text{SiO}_2$ , ohne offenliegende Aluminiumkontakte auf einem Substrat anzugreifen. Die erste Reaktion, die auf der Aluminiumoberfläche ablaufen kann, ist die folgende:



- 60 Im Verlaufe dieser Reaktion bricht das Aluminiumoxidhydrat an der Oberfläche durch. Die Hydroxid- bzw. Hydroxidfluoridschicht ist hygroskopisch. Zunächst wird metallisches Aluminium durch Wasserwirkung unter Einwirkung von Fluorwasserstoffsäure in das Oxidhydrat umgewandelt, daß nachfolgend weiter fluoriert werden kann:



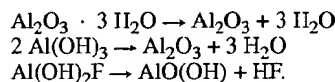
Aluminiumhydroxid und Aluminiumhydroxidfluorid befinden sich in einem reversiblen chemischen Gleichgewicht. Die Umwandlung von Aluminium zum Korrosionsprodukt geschieht im wesentlichen unter Wasseraufnahme; im Gegensatz zur  $\text{SiO}_2$ -Ätzung, bei der Wasser gebildet wird. Beiden Reaktionen, d. h. der Ätzung von Aluminium und von  $\text{SiO}_2$ , ist gemein, daß sie nur in Gegenwart von Wasser ablaufen können. Die Einstellung einer Temperaturdifferenz zwischen Substrat und Dampfphase des Ätzmediums erlaubt es, daß beispielsweise eine rasche Verdampfung des auf der Substratoberfläche gebildeten Wassers erfolgt. Aufgrund der Temperaturdifferenz, die durch die Partialdruckzusammensetzung des dampfförmigen Ätzmediums erfolgt, kann keine Kondensation von Wasser auf dem Substrat stattfinden, und diejenigen Teile der Oberfläche, die bei der Umsetzung beispielsweise mit Fluorwasserstoffsäure kein Wasser produzieren, bleiben trocken und unangreifbar.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen erläutert.

In vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt die Ätzung bei einer Temperaturdifferenz von 10–30 Kelvin, vorzugsweise 20 Kelvin, zwischen Siliziumsubstrat und dampfförmigem Ätzmedium. Die Temperatur der dem Substrat gegenüberstehenden Dampfphase ist niedriger als die Substrattemperatur, so daß keine Kondensation auf der Substratoberfläche einsetzt. Infolgedessen ist die Substratoberfläche der Dampfphase ausgesetzt, aufgrund der höheren Substrattemperatur kann jedoch keinerlei Kondensation auf dem Substrat stattfinden und diejenigen Teile der Oberfläche, die bei der Umsetzung mit Fluorwasserstoffsäure selbst kein Wasser produzieren können, bleiben trocken und unangreifbar. Dies gilt besonders für das Aluminium der elektrischen Kontaktierungen, welches auch bei einer Umsetzung mit Fluorwasserstoffsäure- $\text{H}_2\text{O}$  kein Wasser freisetzt, und infolge des Mangels an Feuchtigkeit daher nicht reagiert. Die  $\text{SiO}_2$ -Opferschicht reagiert demgegenüber bei Umsetzung mit  $\text{HF-H}_2\text{O}$  unter Wasserbildung, das teilweise hydroxidisch in Form von  $\text{Si(OH)}_4$  gebunden wird, als Vorstufe zu weiteren Umsetzungen mit HF zu flüchtigem Siliziumtetrafluorid. Der nicht hydroxidisch gebundenen Teil des Reaktionswassers verbleibt relativ kurze Zeit auf der  $\text{SiO}_2$ -Oberfläche und wird aufgrund der im Vergleich zur Dampfphase höheren Wafertemperatur rasch abgedampft. In jedem Falle beschleunigt die auch nur vorübergehende Anwesenheit dieses Reaktionswassers die nachfolgende Umsetzung von  $\text{SiO}_2$  (bzw. dann  $\text{Si(OH)}_4$ ) mit HF, was noch mehr Wasser für die Reaktion liefert, bis eine Gleichgewichtsfeuchtigkeit der  $\text{SiO}_2$ - bzw.  $\text{Si(OH)}_4$ -Flächen herrscht. Dieses in-Gang-bringen des  $\text{SiO}_2$ -Ätzprozesses von anfangs sehr geringen, nur durch das Wasser aus der Dampfphase in Gang gesetzten Abtrag bis hin zu hohen Ätzraten führt dazu, daß eine quasi-stationäre, hohe Siliziumoxidätzrate nach einer Anlaufphase von ca. 5 bis 7 Minuten nach Prozeßstart erreicht wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung wird die Temperatur des Siliziumsubstrates mit mindestens 333 Kelvin, vorzugsweise 343–353 Kelvin, insbesondere 353 Kelvin und bei höchstens 373 Kelvin gewählt. Dies führt dazu, daß es auf den trockenen Aluminiumoberflächen, die kein Reaktionswasser bilden können, nicht durch Wasseraufnahme aus der Gasphase zu einem lawinenartigen Anwachsen der Auflösungsreaktion kommt und folglich auch zu keiner nennenswerten Korrosion. Bei dieser Temperatur treten vorteilhaft weitere Schutzmechanismen für das Aluminium in Kraft, die dazu führen, daß keine Fluoride auf der Oberfläche verbleiben. Damit wird auch eine eventuelle zeitverzögerte Korrosion weit nach der eigentlichen Opferschichtätzung wirksam ausgeschlossen. Die Zuverlässigkeit der so erzeugten Bauteile wird dadurch entscheidend verbessert.

Auf der Oberfläche vorhandenes Aluminiumoxidhydrat, Aluminiumhydroxid bzw. Aluminiumhydroxidfluorid wird dehydriert, d. h. das Kristallwasser bzw. Wasser in Form von Hydroxiden, ggf. auch HF wird entfernt: Fluor in Form seiner Fluoride wird damit aus der Oberflächenschicht vollständig entfernt.



Bei dieser Dehydratation tritt eine strukturelle Verdichtung der die Aluminiumoberfläche passivierenden Schicht auf, d. h. deren Porendichte und Durchlässigkeit nimmt ab, ihre Dichtigkeit und Passivierung gegenüber Wasser und HF zu. Die chemische Widerstandsfähigkeit der die Aluminiumoberfläche passivierenden Schicht, d. h. ihre Schutzwirkung, wird dadurch besonders erhöht, indem chemisch stabilere und inerte Verbindungen, beispielsweise Aluminate, gebildet werden. Dieser Effekt ist besonders wirksam ab einem Temperaturbereich von 343 K–353 K. Bis zu einer Substrattemperatur von 373 K kann immer noch eine starke  $\text{SiO}_2$ -Ätzung durchgeführt werden, wobei keine Al-Kontaktkorrosion auftritt. Bei Temperaturen im bevorzugten Temperaturbereich von 343 – 353 K, besonders bevorzugt bei 353 K, tritt keine Fluorierung der Aluminiumoberfläche mehr auf, d. h. die Aluminiumoberflächen enthalten nach der Ätzung keine Fluoratome oder -ionen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung wird die Dampfphase derart eingestellt, daß ein weiteres, unter den gewählten Reaktionsbedingungen im wesentlichen chemisch inertes Gas verwendet wird, welches in der Ätzvorrichtung eingeleitet wird. Die Einstellung eines "quasi-azotropen" Gemisches wird so in einfacher Weise über die Befeuchtung dieses Gases geregelt. Das chemisch inerte Gas zur Verdünnung kann auch Sauerstoff enthalten, so daß auch Luft eingesetzt werden kann.

Zeichnung

Es zeigen:

Fig. 1 eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 eine weitere Ausgestaltung des Deckels der Vorrichtung in Fig. 1.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt einen Behälter 11 aus beispielsweise Teflon, der eine azeotrope Fluorwasserstoffsäure-Wassermischung 23

enthält und in dem ein Siliziumsubstrat **25** angeordnet ist. Jener ist vollständig umgeben von einem Heizmantel **15**, durch den beispielsweise Wasser von wählbarer Temperatur von einem nicht dargestellten Thermostaten im Kreislauf gepumpt wird. Dadurch wird die Temperatur des Teflonbehälters **11** und der azeotropen Fluorwasserstoffsäure-Wassermischung **23** auf den gewünschten Wert stabilisiert. Natürlich ist an dieser Stelle jede andere Art von Heizung, z. B. elektrische Heizbänder, Heißluftgebläse, Heißwassermäntel, etc. denkbar. Wesentlich ist nur, daß die Wände des Teflonbehälters **11** und die Fluorwasserstoffsäure-Wassermischung **23** gleichmäßig auf identische Temperatur gebracht werden können, so daß Kondensation von Feuchtigkeit an den Wänden vermieden und eine besonders homogene Dampfphase erzeugt werden kann.

Der Teflonbehälter **11** weist einen Einlaß **12** und einen Auslaß **13** auf, durch den in Richtung des Pfeiles, der mit F gekennzeichnet ist, beispielsweise Wasser von wählbarer Temperatur geleitet werden kann. Der Teflonbehälter **11** und der Heizmantel **15** sind in einem Isolationsmantel **14** angebracht, so daß die Temperatur innerhalb des Teflonbehälters **11** konstant gehalten werden kann. Der Teflonbehälter **11** wird von einem Deckel **20** abgeschlossen, der Dichtungen **22** aufweist, die beispielsweise aus Teflon oder Viton oder sonstigen Dichtungsmaterial gefertigt sind, welches resistent gegen Fluorwasserstoffsäuredampf ist. In diesem Deckel **20** ist eine Heizvorrichtung **21** angebracht, so daß auch das auf der Innenseite des Deckels **20** angebrachte Siliziumsubstrat **25** beheizt werden kann. Damit kann das Siliziumsubstrat **25** auf die gewünschte hohe Temperatur von beispielsweise 330 bis 373 Kelvin, vorzugsweise 353 K gebracht werden. Die Heizvorrichtung **21** kann wieder ein Heißwasserkreislauf sein, oder man verwendet nicht dargestellte elektrische Heizfolien in Verbindung mit einem Thermoelement und einem elektronischen Temperaturregler.

Da die Substrattemperatur einen unmittelbaren Einfluß auf die  $\text{SiO}_2$ -Ätzrate hat, muß eine möglichst gleichmäßige Temperaturverteilung über die Substratfläche **25** erreicht werden. Bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung wird dies mit zwei nicht dargestellten Heizfolien, einer inneren kreisrunden, und einer äußeren ringförmigen erreicht, die unabhängig voneinander elektrisch angesteuert werden können. Durch entsprechende Dosierung der Heizleistung von innerem Folienelement und äußerem Folienring kann eine sehr gleichmäßige Temperaturverteilung über die Substratfläche **25**, beispielsweise einem 6"-Siliziumwafer, erreicht werden mit einer Uniformität von besser als einem Kelvin Temperaturdifferenz. Das Material der Heizvorrichtung **21** kann Silizium sein, das über eine gute Wärmeleitfähigkeit verfügt und gegenüber Fluorwasserstoffsäuredampf stabil ist.

Alternativ kann auch eine Teflonplatte eingesetzt werden, die entweder Heizelemente trägt, oder die mit einem Kanalsystem versehen wird, das wiederum von Heißwasser von frei wählbarer Temperatur über einen zweiten Thermostaten durchströmt wird.

**Fig. 2** zeigt eine weitere mögliche Ausgestaltung des Deckels **20** der Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Dabei wird das Siliziumsubstrat **25** nicht kopfüber gegen eine obere Heizplatte **20** geklemmt, sondern auf eine untere beheizte Substratplatte **27** gelegt, die mit der oberen verbunden ist. Die Substratplatte **27** enthält eine der beschriebenen Heizungsanordnungen **21**. Der Deckel **20** wird durch Heizelemente **21** beheizt, um die Kondensation von HF-Dampf zu vermeiden. Die Temperatur der Heizplatte **27**, die das Siliziumsubstrat **25** trägt, wird kontrolliert und weist eine homogene Verteilung über die Substratoberfläche auf. Die Heizplatte **27** und die Deckelplatte **26** sind über beispielsweise mindestens zwei hohle Teflonstege **26** miteinander verbunden. Bei elektrischen Heizelementen **21** werden die elektrischen Stromzuführungen sowie die elektrische Verbindung nach außen in Form von nicht dargestellten Drähten durch die hohlen Stege geführt, so daß keine Fluorwasserstoffsäure an die Drähte kommt. Bei einer Heißwasserheizung **21** durchströmt Heißwasser die Heizspirale **21** von Deckel- und Waferheizplatte durch die hohlen Stege **26**.

Als Fluorwasserstoffsäure-Wassergemisch **23** wird vorteilhaft ein azeotropes Gemisch gewählt, d. h. ein Gemisch mit einer HF-Konzentration von ungefähr 38%. Bei einem azeotropen Gemisch wird Wasser und HF in einem konstant bleibenden Verhältnis verdampft, so daß die Konzentration der Lösung über eine lange Zeit konstant bleibt, d. h. die Fluorwasserstoffsäurekonzentration bleibt mit schwindender Menge der Lösung unverändert. Damit liegen konstante Dampf-  
 45 ätzbedingungen für viele zu behandelnde Substrate über einen langen Zeitraum vor, was zu einer guten Reproduzierbarkeit und sehr geringem Wartungsaufwand führt.

Das zu behandelnde Siliziumsubstrat **25** wird zunächst in den Deckel **20** eingesetzt und durch einen nicht dargestellten Teflonhalter festgeklemmt. Nach einer Wartezeit von z. B. 2 bis 5 Minuten, um dem Wafer Zeit zu geben, sich auf die vorgewählte Temperatur der Heizvorrichtung **21** aufzuheizen, wird die Vorrichtung abgedeckt, und der das Substrat tragende beheizbare Deckel **20** statt dessen aufgesetzt. Mit einer Anlaufphase von etwa 5 Minuten erfolgt nun die Entfernung der  $\text{SiO}_2$ -Opferschicht unter den freizulegenden Strukturen. Nach einer Prozeßzeit von typischerweise 20 Minuten ist eine Unterätzweite von 5  $\mu\text{m}$  erreicht und der Prozeß wird beendet. Dazu wird der das Substrat **25** tragende beheizbare Deckel **20** von der Ätzvorrichtung abgenommen und diese wieder zugedeckt. Das Siliziumsubstrat **25** bleibt noch einige Minuten im beheizten Deckel **20**, damit IIF-Reste und eventuell Feuchtigkeit restlos entfernt werden. Damit wird einer nachfolgenden Korrosion vorgebeugt. Nach dieser Wartezeit wird das Siliziumsubstrat **25** aus der Vorrichtung genommen und den auf die Opferschichtätzung folgenden Prozessen zugeführt.

Bei dem in **Fig. 2** dargestellten Deckel **20** wird das Siliziumsubstrat **25** einfach auf die Heizplatte **27** ohne weitere Klemmung aufgelegt, den Kontakt besorgt die Schwerkraft. Damit ist das Be- und Entladen der Vorrichtung besonders vereinfacht.

In einer weiteren, nicht dargestellten Vorrichtung wird die Einstellung einer definierten Dampfphase d. h. einer Dampfphase mit konstanten Bedingungen, die zu einer Temperatur im Gleichgewicht steht, die niedriger ist als die Temperatur des Substrates, dadurch erreicht, daß beispielsweise Stickstoff oder Sauerstoff oder Luft über einen wassergekühlten Bubbler befeuchtet wird und in die Ätzvorrichtung **10** eingeleitet wird. Selbstverständlich kann auch jedes andere, unter diesen Bedingungen chemisch im wesentlichen inerte Gas, wie Argon etc. verwendet werden. In diesem Falle ist die Apparatur kein geschlossenes System, sondern wird von den Gasen kontinuierlich durchströmt. Der Wasservorrat im Stickstoffbubbler wird auf diejenige Temperatur erhitzt, zu der die gebildete Dampfphase im Gleichgewicht stehen soll. Die Stickstoffströmung bzw. die Blasengröße im Bubbler muß so bemessen werden, daß sich auch tatsächlich ein Gleichgewicht in der Gasphase ausbilden kann. Während über den Stickstoffstrom und die Bubbler Temperatur die

Gleichgewichtstemperatur der Gasphase eingestellt wird, wird über den unabhängig zugeführten Strom von trockener Fluorwasserstoffsäure direkt die  $\text{SiO}_2$ -Ätzrate gesteuert. Es ist auch möglich, über eine weitere nicht dargestellte Vorrichtung einen zusätzlichen Strom von trockenem Stickstoff zuzuführen und die Feuchtigkeit der Gasphase damit wieder zu reduzieren.

In einer weiteren, nicht dargestellten Vorrichtung läßt sich insbesondere der Stofftransport zum Substrat kontrollieren und beeinflussen. Ein höherer Fluß von Fluorwasserstoffsäure führt entsprechend unter sonst gleichen Randbedingungen zu einer höheren, ein niedrigerer Fluß von Fluorwasserstoffsäure zu einer niedrigeren  $\text{SiO}_2$ -Abtragsrate. Dabei muß sichergestellt werden, daß das entstehende Reaktionswasser noch schnell genug abgedampft werden kann, damit sich keine großen Tröpfchen bilden können, welche die entstehenden oberflächenmikromechanischen Strukturen untereinander und zum Substrat hin irreversibel verkleben würden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung oberflächenmikromechanischer Strukturen, wobei auf ein beheizbares Siliziumsubstrat eine Opferschicht deponiert und strukturiert wird, auf der Opferschicht eine zweite Schicht abgeschieden und strukturiert wird, die Opferschichten einem Ätzvorgang durch ein dampfförmiges Ätzmedium entfernt wird, wodurch die oberflächenmikromechanischen Strukturen entstehen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einstellung einer Temperaturdifferenz zwischen Substrat und Dampfphase des Ätzmediums über die Partialdruckzusammensetzung des dampfförmigen Ätzmediums erfolgt. 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmedium mindestens zwei Bestandteile umfaßt. 20
3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmedium durch Verdampfen eines im wesentlichen azeotropes Fluorwasserstoffsäure-Wassergemisch erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Ätzmedium ein im wesentlichen chemisch inertes Gas enthält.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als inertes Gas Stickstoff verwendet wird. 25
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche des Siliziumsubstrates mit den freizulegenden Strukturen der Dampfphase des Ätzmediums ausgesetzt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Partialdruckzusammensetzung des Ätzmediums über die Temperatur des Ätzmediums eingestellt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Partialdruckzusammensetzung des Ätzmediums über die Zusammensetzung der Bestandteile der Dampfphase eingestellt wird. 30
9. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Partialdruckzusammensetzung des Ätzmediums über die Temperatur des Ätzmediums und über die Zusammensetzung der Bestandteile der Dampfphase eingestellt wird.
10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Partialdruckzusammensetzung des Ätzmediums einer Temperaturdifferenz von 10–30 K, vorzugsweise 20 K, zum Siliziumsubstrat entspricht. 35
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Siliziumsubstrates mindestens 333 K beträgt.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Temperatur des Siliziumsubstrats zwischen 333K und 373K, vorzugsweise bei 353K liegt. 40

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

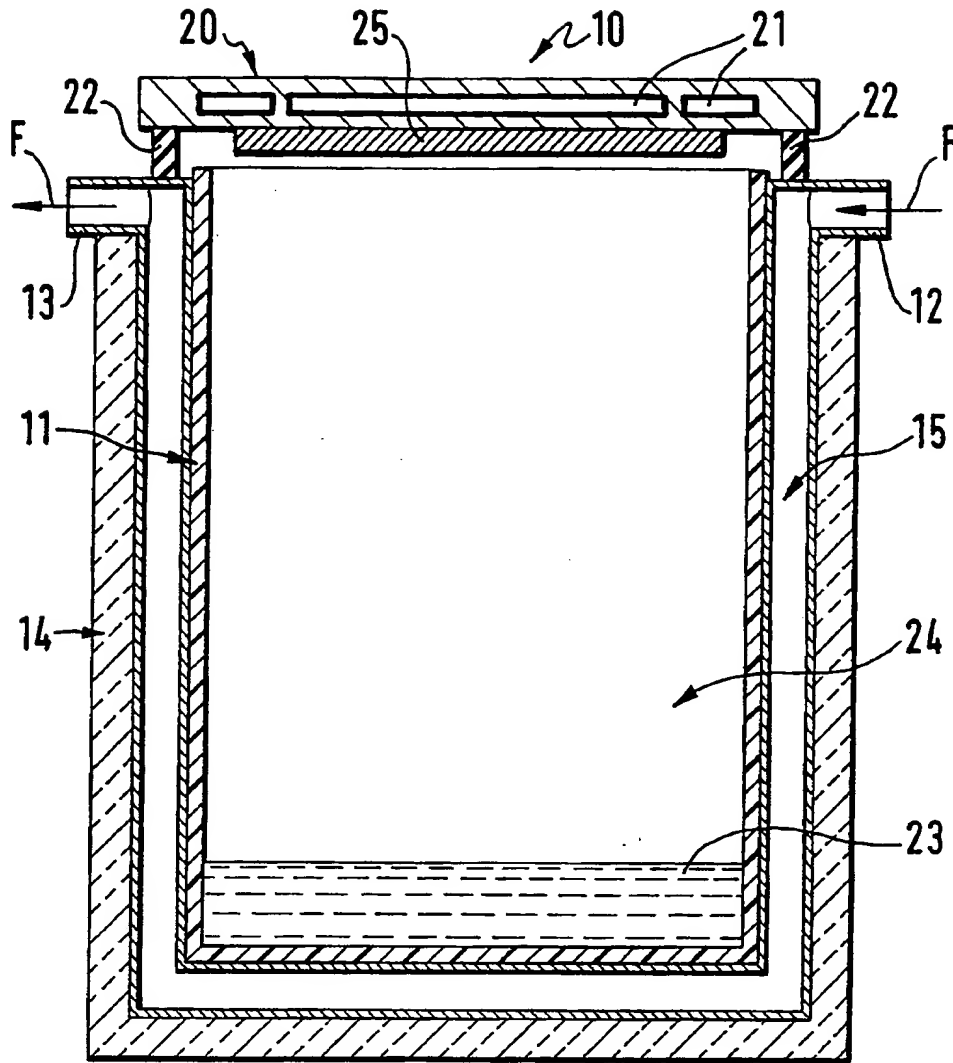


FIG. 1

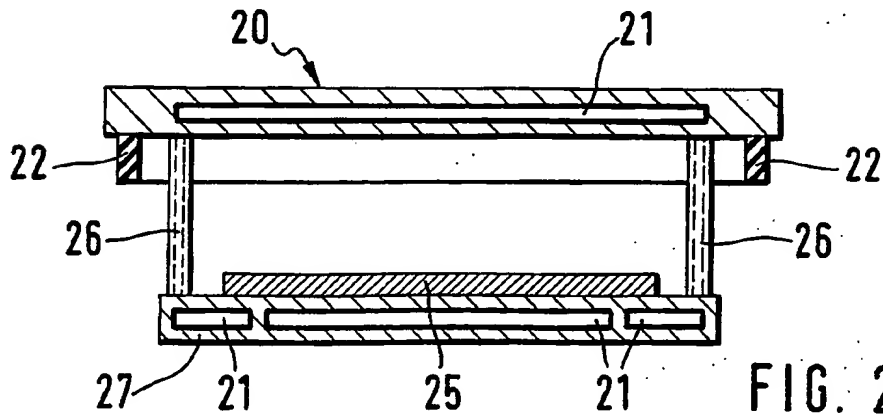


FIG. 2